

**УДК 535-7**

*Д. Ю. Маляренко, студентка гр. ПБ-72мп, к.т.н., доц. Безугла Н. В.*  
КПІ ім. Ігоря Сікорського

## **ПЕРЕДУМОВИ ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ ЕЛІПСОЇДАЛЬНИХ РЕФЛЕКТОРІВ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКА ЗАЛОМЛЕННЯ БІОЛОГІЧНИХ СЕРЕДОВИЩ**

**Анотація.** У даній роботі приведено основні фізичні явища, на яких базується робота методів визначення показника заломлення біологічних середовищ. Виділено основні елементи гоніометричних пристроїв та проаналізовано особливості використання оптичних елементів повного внутрішнього відбиття в них. Запропоновано модифікацію гоніометричного методу з використанням еліпсоїдального рефлектору. Приведено блок-схему для аналізу поширення лазерного випромінювання в запропонованому методі.

**Ключові слова:** показник заломлення, еліпсоїдальний рефлектор

### **ВСТУП**

Визначення показника заломлення біологічних середовищ у порівнянні з технічними об'єктами є досить складною задачею, що пов'язана з оптичною неоднорідністю самого середовища, насиченням водою чи киснем а також з динамічними процесами, які можуть в ньому виникати. В основі роботи методів визначення показника заломлення лежать такі фізичні явища як інтерференція, повне внутрішнє відбиття (ПВВ), поляризація, рефракція та ін. [1-2]. Найбільш поширеними є гоніометричні методи, технічна реалізація яких базується на дослідженні критичного кута ПВВ. Основними елементами таких пристроїв є елемент ПВВ, показник якого визначає обмеження при проведенні досліджень та має бути більшим за показник заломлення досліджуваного середовища, а також система зміни та відліку кута падіння світла, поляризатор та система реєстрації явища ПВВ.

У даній роботі розглянуто типи та особливості конструкції елементів ПВВ, що використовуються при гоніометричних вимірюваннях. До найбільш поширених можна віднести напів-циліндричну призму [3] або призму AP-90o [4]. Недоліком гоніометрії є застосування досить складних механізмів повороту для зміни та відліку кута падіння. У деяких пристроях використовують оптичне волокно, яке розташовують всередині досліджуваного середовища таким чином, аби останнє щільно до нього прилягало з усіх сторін. Даний оптичний елемент використовують для вимірювання показника заломлення гомогенізованої тканини *in vitro* [5].

Метою даної роботи є обґрунтування передумов створення вимірювального засобу для визначення показника заломлення біологічних середовищ на основі методу еліпсоїдальних рефлекторів.

### **МЕТОДИ І ЗАСОБИ**

У даній роботі для визначення показника заломлення застосовується модифікація гоніометричного методу з використанням еліпсоїдального рефлектору (ЕР). Перевагою використання такого оптичного елементу є конструктивні особливості, що забезпечують реєстрацію розсіяної компоненти, а також відсутність додаткових оптичних елементів для направлення променя, що суттєво спрощує систему зміни та відліку кута падіння.

Розглянемо два варіанти використання ЕР. Перший варіант, це використання порожнистих ЕР для збирання та передачі розсіяного світла, виготовлених методами траєкторного копіювання або 3-D друку [6,7], у поєднанні з призмою АР-90о, що виконує роль елемента ПВВ. Перевагами даної технічної реалізації є відпрацьована технологія виготовлення ЕР, недоліками – додаткові елементи, такі як призма та елементи її кріплення, що ускладнюють конструкцію пристрою.

Другий варіант – використання скляного ЕР з дзеркальним покриттям (крім тонкої смуги, що виконує роль вхідної щілини), який використовується як елемент ПВВ, а також збирає розсіяне випромінювання (рис.1). Незважаючи на складність виготовлення такого ЕР, даний варіант є більш оптимальним.

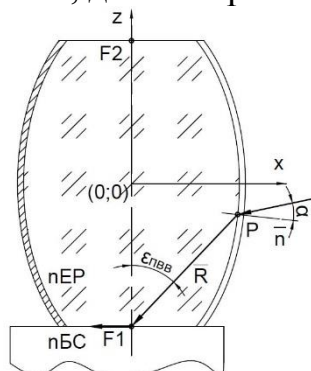


Рисунок 1. Схема визначення показника заломлення БС з використанням скляного ЕР

Для коректної роботи скляного ЕР при гоніометричних дослідженнях критичного кута, показник заломлення скла повинен бути більшим за очікуваний показник заломлення біологічного середовища (наприклад, скло ТФ3 ( $n=1,7232$ ) або ТФ6 ( $n=1,7617$ )). Розмір вхідної щілини повинен забезпечувати переміщення вздовж бічної грані скляного ЕР падаючого променя, а також враховувати його діаметр. Виходячи з цього, для технічної реалізації необхідно врахувати конструктивні параметри ЕР, а саме: розмір фокальної площини ( $p$ , мм), ексцентриситет ( $e$ ), показник заломлення скла ( $nEP$ ), а також кут падіння ( $\alpha$ , град) та координати точки  $P$  падіння променя ( $x$  та  $z$ ) на вхідну щілину ЕР для забезпечення потрапляння заломленого променя в центр нижньої фокальної площини, що містить фокус  $F1$ .

## РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

На підставі розробленого математичного апарату поширення лазерного випромінювання в ЕР заданої конструкції та досліджуваному БС розроблено блок-схему для вирішення прямої або зворотної задачі, роботи якої наведена на рис. 2. Вхідними даними для моделювання в обох випадках є конструктивні параметри ЕР.

Пряма задача (на рис.2 ліва частина схеми) полягає у розрахунку показника заломлення біологічного середовища  $nBC$  за відомими конструктивними параметрами ЕР, координатами точки падіння  $P(x,0,z)$  і кутом падіння  $\alpha$ .

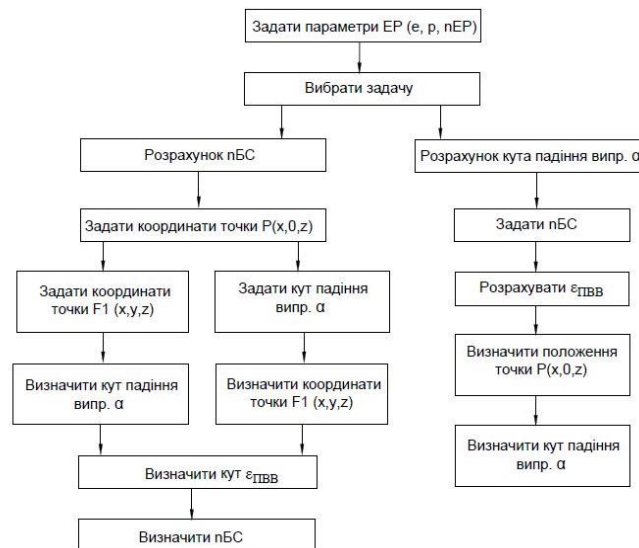


Рисунок 2. Блок-схема роботи програмного забезпечення

Зворотна задача може бути використана для калібрування пристрою і полягає у визначенні кута падіння  $\alpha$  за відомими конструктивними параметрами ЕР та показником заломлення біологічного середовища  $n_{БС}$ . За відомими показниками заломлення розраховується кут повного внутрішнього відбиття  $\epsilon_{ПВВ}$  та визначаються координати точки  $P(x,0,z)$  і кут  $\alpha$ .

На підставі розробленої блок-схеми планується створення програмного забезпечення та вимірювального пристрою.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Zvyagin A. V. et al. Refractive index tomography of turbid media by bifocal optical coherence refractometry //Coherence Domain Optical Methods and Optical Coherence Tomography in Biomedicine VIII, 2004. – Vol. 5316. – P. 155-167.
2. Bashkatov A. N., Genina E. A., Tuchin V. V. Optical properties of skin, subcutaneous, and muscle tissues: a review //Journal of Innovative Optical Health Sciences. – 2011. – Vol. 4. – No. 1. – P. 9-38.
3. Li H., Xie S. Measurement method of the refractive index of biotissue by total internal reflection //Applied optics. – 1996. – Vol. 35. – No. 10. – P. 1793-1795.
4. Lai, J.C. Complex refractive index measurement of biological tissues by attenuated total reflection ellipsometry/ J. C. Lai, Y. Y. Zhang, Z.H. Li, H.J. Jiang, A.Z. He //Applied Optics . – 2010. – Vol. 49, No.16 – P. 3235-3238.
5. Bolin F.P. Refractive index of some mammalian tissues using a fiber optic cladding method / F.P. Bolin, L.E. Preuss, R.C. Taylor, R.J. Ference // Applied Optics . – 1989. – Vol. 28. – P. 2297-2303.
6. Безуглий М. О. Особливості виготовлення еліпсоїдальних рефлексорів фотометрів / М. О. Безуглий, І. І. Синявський, Н. В. Безугла, А. Г. Козловський // Вісник НТУУ «КПІ». Серія Приладобудування. – 2016. – №2 (52). – С. 76-81.
7. Безуглий М.О. Контроль форми еліпсоїдальних рефлексорів біомедичних фотометрів / М.О. Безуглий, Лінючева О.В., Безугла Н.В., Бик М.В., Костюк С.А // Вісник НТУУ «КПІ». Серія Приладобудування. – 2017. – №1 (53). – С. 62-69.

Наук. керівник – к.т.н., доц. Безугла Н. В.